

SIMULASI SISTEM PENGACAKAN SINYAL SUARA SECARA *REALTIME* BERBASIS *FAST FOURIER TRANSFORM (FFT)*

Prativi Nugraheni Hanggarsari, Helmy Fitriawan, Yetti Yuniati

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandarlampung 35145 – Indonesia
prativi_happy@ymail.com

Abstrak

Dalam penelitian ini, telah dilakukan simulasi data pengacakan sinyal suara berbasis FFT. Sistem ini melakukan perekaman sinyal suara secara *realtime* sebagai sinyal input melalui *microphone* yang tersedia pada perangkat komputer. Dalam proses enkripsi, sinyal informasi yang berupa sinyal analog (domain waktu) dikonversikan ke dalam domain frekuensi menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* 16 titik dan 32 titik. Sistem pembicaraan aman dengan menggunakan FFT 32 titik memiliki waktu proses yang lebih lama dibandingkan FFT 16 titik. Untuk sistem yang menggunakan FFT 16 titik membutuhkan waktu rata-rata 0,18564 detik sedangkan pada FFT 32 titik membutuhkan waktu rata-rata 2,70816 detik dengan selisih waktu 2.55252 detik.

Kata kunci: Pengacakan, Sinyal Suara, *Fast Fourier Transform (FFT)*

Abstract

In this research, the voice signal from the telephone line communication system is processed by secure conversation system. The system performs real time recording the voice signal as the input signal through a microphone available on your computer. In the process of encryption, signal information in the form of analog signals (time domain) is converted into the frequency domain using Fast Fourier Transform algorithm (FFT) 16 points and 32 points. Secure conversation system using 32 point FFT has a longer processing time than the 16 point FFT. For systems that use 16 point FFT takes an average of 0.18564 seconds, while the 32 point FFT takes an average of 2.70816 seconds with a time difference of 2.55252 seconds.

Keywords: Encryption, Voice Signal, Fast Fourier Transform (FFT)

I. PENDAHULUAN

Suara adalah salah satu sinyal yang sangat dipengaruhi frekuensi dan merupakan bentuk sinyal diskrit yang sangat dipengaruhi oleh waktu [1]. Proses penyampaian informasi ini biasa dilakukan dengan percakapan atau pembicaraan. Namun, terkadang informasi pembicaraan itu ada yang bersifat rahasia dan tidak ingin diterima oleh orang tidak berhak menerimanya, misalnya pada bidang sistem komunikasi sipil, militer, pemerintah dan bisnis. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengamankan pembicaraan. Sistem ini akan melakukan teknik perekaman sinyal suara secara *realtime* sebagai sinyal *input* yang berupa sinyal pembicaraan manusia (*mobile-phone*) melalui *microphone* yang tersedia pada perangkat komputer [2]. Sinyal tersebut akan langsung diolah dengan proses enkripsi.

Dalam menjalankan proses enkripsi, sinyal informasi yang berupa sinyal analog dalam domain

waktu di konversikan ke dalam domain frekuensi menggunakan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)*. *FFT* digunakan untuk menghitung *Discrete Fourier Transform (DFT)* dengan cepat. *DFT* adalah metode transformasi matematis untuk mengubah sinyal dalam domain waktu diskrit ke domain frekuensi. Jadi, *DFT* digunakan sebagai metodenya sedangkan *FFT* digunakan untuk mentransformasikan sinyal tersebut. Transformasi ini agar mempermudah dalam menganalisis sinyal yang telah ditransformasikan karena sinyal dalam bentuk diskrit lebih mudah diacak atau dienkripsi. Sinyal yang telah masuk proses enkripsi inilah yang akan dikirimkan kepada penerima (*receiver*) sehingga tidak terjadi penyadapan [3].

II. TEORI DASAR

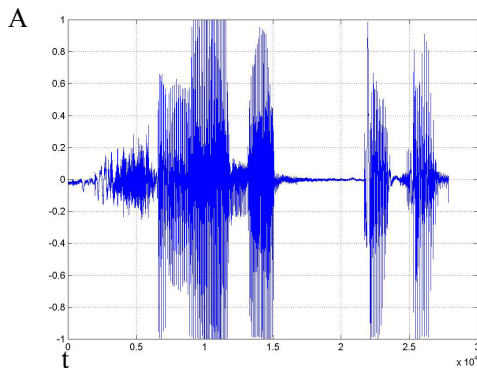
2.1. Pembangkitan Sinyal Suara

Suara merupakan dari getaran suatu benda. Selama bergetar, perbedaan tekanan terjadi di udara

sekitarnya. Pola osilasi yang terjadi dinamakan sebagai gelombang. Gelombang mempunyai pola sama yang berulang pada interval tertentu yang disebut sebagai periode.

2.2 Bentuk Sinyal Wicara

Sinyal wicara merupakan sinyal yang bervariasi lambat sebagai fungsi waktu, dalam hal ini ketika diamati pada durasi yang sangat pendek (5-100ms) karakteristiknya masih stasioner.



Gambar 1. Contoh Sinyal Wicara Ucapan “Selamat Datang”

2.3 Real-Time System

Real-time system dapat didefinisikan sebagai sebuah sistem yang tidak hanya berorientasi terhadap hasil (*output*) yang dikeluarkan sedangkan disana juga sistem dituntut untuk dapat bekerja dengan baik dalam kebutuhan waktu tertentu. Di dalam *real-time system*, waktu merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Faktor waktu menjadi sesuatu yang sangat kritis dan sebagai tolak ukur baik-tidaknya kinerja keseluruhan sistem tersebut [4].

2.4 Sistem Telekomunikasi

Sistem telekomunikasi adalah seluruh unsur/elemen baik infrastruktur telekomunikasi, perangkat telekomunikasi, sarana dan prasarana telekomunikasi, maupun penyelenggara telekomunikasi, sehingga komunikasi jarak jauh dapat dilakukan [5].

2.5 Sinyal dan Sistem

Sinyal adalah fenomena dari lingkungan yang terukur atau terkuantisasi, sementara sistem merupakan bagian dari lingkungan yang menghubungkan sinyal dengan sinyal lainnya atau dengan kata lain merespon sinyal masuk dengan menghasilkan sinyal keluaran. Suara pembicaraan merupakan contoh dari sinyal sementara sistem komunikasi telepon sendiri merupakan contoh dari sistem yang menghubungkan sinyal-sinyal pembicaraan tersebut.

Sinyal analog adalah sinyal pemanfaatan gelombang elektromagnetik. Proses pengiriman suara, misalnya pada teknologi telepon, dilewatkan melalui gelombang elektromagnetik ini.

Sistem digital merupakan bentuk sampling dari sistem analog. Digital pada dasarnya di code-kan dalam bentuk biner (atau *Hexa*). Besarnya nilai suatu sistem digital dibatasi oleh lebarnya atau jumlah bit (*bandwidth*). Jumlah bit juga sangat mempengaruhi nilai akurasi sistem digital.

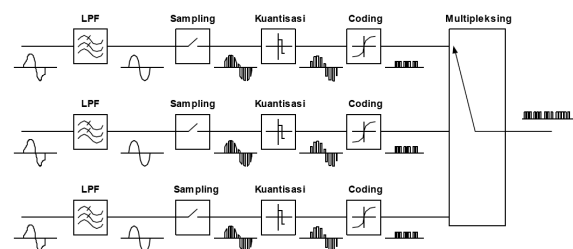
Sinyal digital memiliki berbagai keistimewaan yang unik yang tidak dapat ditemukan pada teknologi analog yaitu :

1. Mampu mengirimkan informasi dengan kecepatan cahaya yang dapat membuat informasi dapat dikirim dengan kecepatan tinggi.
2. Penggunaan yang berulang-ulang terhadap informasi tidak mempengaruhi kualitas dan kuantitas informasi itu sendiri.
3. Informasi dapat dengan mudah diproses dan dimodifikasi ke dalam berbagai bentuk.
4. Dapat memproses informasi dalam jumlah yang sangat besar dan mengirimnya secara interaktif.

2.6 PCM (Pulse Code Modulation)

PCM (Pulse Code Modulation) merupakan metode umum untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam sistem digital, sinyal analog yang dikirimkan cukup dengan sampel-sampelnya saja. Sinyal suara atau gambar yang masih berupa sinyal listrik analog diubah menjadi sinyal listrik digital melalui 4 tahap utama, yaitu :

1. *Sampling*
2. *Quantisasi*
3. *Pengkodean*
4. *Multiplexing*



Gambar 2. Tahapan Pengubahan Sinyal Analog ke Digital [6]

2.7 FFT (Fast Fourier Transform)

Transformasi *fourier* adalah suatu metode yang sangat efisien untuk menyelesaikan transformasi *fourier* diskrit yang banyak dipakai untuk keperluan analisa sinyal seperti pemfilteran, analisa korelasi, dan analisa spektrum. *Discrete Fourier Transformasi (DFT)* adalah deretan yang terdefinisi pada kawasan frekuensi – diskrit yang merepresentasikan

Transformasi Fourier terhadap suatu deretan terhingga (*Finite Duration Sequence*).

DFT berperan penting untuk implementasi algoritma suatu varitas pengolahan sinyal, karena efisien untuk komputasi berbagai aplikasi. *Fast fourier transformation* atau transformasi *fourier* cepat, merupakan proses lanjutan dari DFT. Transformasi Fourier ini dilakukan untuk

mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Hal ini bertujuan agar sinyal dapat diproses dalam spektral substraksi. DFT dilakukan dengan mengimplementasikan sebuah transformasi, dengan panjang vektor N berdasarkan rumus :

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp [-2j\pi ux / N]$$

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \left(\cos \left(\frac{2\pi ux}{N} \right) - j \sin \left(\frac{2\pi ux}{N} \right) \right)$$

Misal diambil data suara hasil kuantitasi sinyal diskrit dengan nilai $f(x)$ sebagai berikut:

2	3	4	4
$f(0)$	$f(1)$	$f(2)$	$f(3)$

nilai diskrit $f(x)$ sebanyak 4 data, sehingga dapat ditentukan nilai $N = 4$ (banyak data), perhitungannya adalah:

Tabel 1. Perhitungan DFT Sinyal Suara

N	$f(x)$	Perhitungan DFT ($\sum_{x=0}^{N-1}$)	Hasil dari DFT / $F(u)$
1	$f(0)$	$1/4 [2(\cos(2*\pi*0*0/4) - j \sin(2*\pi*0*0/4) + 3(\cos(2*\pi*0*1/4) - j \sin(2*\pi*0*1/4) + 4(\cos(2*\pi*0*2/4) - j \sin(2*\pi*0*2/4) + 4(\cos(2*\pi*0*3/4) - j \sin(2*\pi*0*3/4)]$	3.25
2	$f(1)$	$1/4 [2(1-0) + 3(1-0) + 4(1-0) + 4(1-0)]$	-0.5 + 0.25j
3	$f(2)$	$1/4 [2(1-0) + 3(0-j) + 4(-1) + 4(j)]$	-0.25
4	$f(3)$	$1/4 [2(1-0) + 3(0-j) + 4(-1) + 4(0-j)]$	-0.5 - 0.25j

Perhitungan FFT mengimplementasikan pencerminan transformasi ganda hasil DFT dengan hanya menghitung nilai setengahnya data sinyal sehingga perhitungan akan lebih cepat, lalu nilai setengahnya lagi dihitung dengan cara *conjugate* nilai yang telah dihitung dengan DFT. Untuk membagi data sinyal adalah dengan fungsi:

$$b = (N + 1) \div 2$$

Berdasarkan fungsi di atas maka didapatkan, jadi perhitungan DFT hanya sampai data ke-3 / $f(2)$ dan untuk data selanjutnya hanya memakai fungsi *conjugate* dari nilai hasil DFT.

Tabel 2. Perhitungan FFT dari Hasil DFT

$f(x)$ hasil	Hasil Perhitungan FFT / $F(u)$
$f(0)$	3.25
$f(1)$	-0.5 + 0.25j
$f(2)$	-0.25
$f(3)$	-0.5 - 0.25j
$f(4)$	3.25

Pemakaian *FFT* karena untuk penghitungan komputasi yang lebih cepat dan mampu mereduksi jumlah perkalian dari N^2 menjadi $N \log N$ perkalian. FFT yang digunakan memakai 512 point dan arena hasil FFT simetris, maka keluaran FFT tersebut hanya diambil sebanyak 256 data. Hasil dari proses FFT akan diperoleh titik-titik sinyal yang simetris sehingga data yang diambil hanya setengah dari data keseluruhan yang selanjutnya akan diambil nilai maksimumnya.

2.8 Enkripsi

Enkripsi yaitu suatu proses pengaman suatu data yang disembunyikan atau proses konversi data (*plaintext*) menjadi bentuk yang tidak dapat dibaca atau dimengerti. Sedangkan Dekripsi yaitu kebalikan dari proses enkripsi yaitu proses konversi data yang sudah dienkripsi (*ciphertext*) kembali menjadi data aslinya (*Original Plaintext*) sehingga dapat dibaca atau dimengerti kembali.

Enkripsi dimaksudkan untuk melindungi informasi agar tidak terlihat oleh orang atau pihak yang tidak berhak. Enkripsi telah digunakan untuk mengamankan komunikasi di berbagai negara, namun, hanya organisasi-organisasi tertentu dan individu yang memiliki kepentingan yang sangat mendesak akan kerahasiaan yang menggunakan enkripsi. Enkripsi dapat digunakan untuk tujuan keamanan, tetapi teknik lain masih diperlukan untuk membuat komunikasi yang aman, terutama untuk memastikan integrasi dan autentikasi dari sebuah pesan. Pesan yang akan dienkripsi disebut *plaintext* yang dimisalkan *plaintext* (P), proses enkripsi dimisalkan enkripsi (E), proses dekripsi dimisalkan dekripsi (D), dan pesan yang sudah dienkripsi disebut *ciphertext* yang dimisalkan *ciphertext* (C). Data atau informasi yang akan dienkripsi (*plaintext*) diacak oleh suatu kunci yang telah ditentukan kemudian output dari proses enkripsi (*ciphertext*) dikembalikan ke bentuk aslinya oleh sebuah kunci yang sama.

III. Metode Penelitian

3.1 Tahapan Perancangan Sistem

No	Karakteristik	Definisi
1	Jumlah saluran	1
2	Analog/digital	Analog
3	Informasi yang diinginkan	Spektrum FFT (Sinyal input) Sinyal pembicaraan yang terkodekan (Sinyal output)
4	Deterministik/ <i>random</i>	<i>Random</i>
5	<i>Bandwidth</i>	30 - 3400Hz
6	Jangkauan dinamis	50dB
7	Interferensi/komponen <i>random</i>	Gangguan lingkungan dan sinyal bukan pembicara
8	Bentuk gelombang	Sinyal analog
9	Data format	PCM (<i>Pulse Code Modulation</i>)

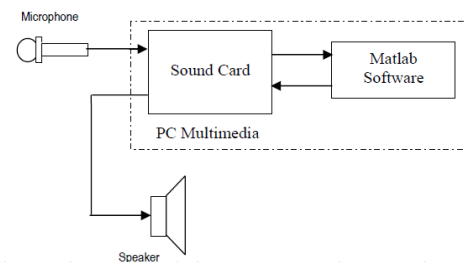
3.2 Tahap Perancangan Pemrosesan Sinyal

No	Parameter	Spesifikasi
1	Sinyal input $x(t)$	$x(t) = n(t) + s(t)$
2	$n(t)$	Sinyal <i>white noise</i>
3	$s(t)$	Sinyal pembicaraan analog
4	<i>Bandwidth</i>	30 - 3400Hz
5	Jangkauan dinamis	50dB
6	<i>Bandwidth</i> pemrosesan	30 - 4000 Hz

7	Spektral	16 titik untuk tiap <i>vector</i> pembicaraan
8	Frekuensi <i>sampling</i>	16000 Hz
9	FFT	16 titik dan 32 titik
10	<i>Output Invers FFT</i>	<i>Real</i>
11	Permutasi	<i>Random</i> dan simetrik

3.3 Tahapan Perancangan Sistem

Sinyal *input* yang digunakan adalah hasil dari teknik perekaman yang dibuat dengan menggunakan program Matlab. Untuk melakukan proses perekaman sinyal suara, maka sebuah *PC (Personal Computer)* harus dilengkapi dengan sebuah *microphone* yang disertai dengan *speaker* sebagai alat/media untuk mendengarkan hasil dari pengolahan sinyal suara sebagai *outputnya*. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini:



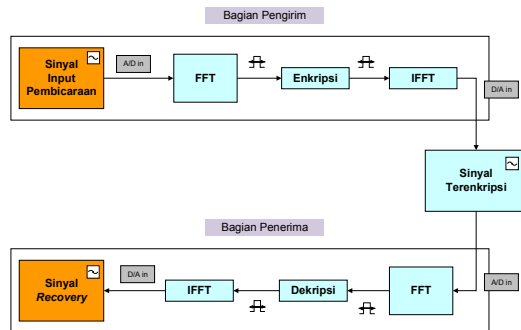
Gambar 3. Diagram blok dari penataan perangkat-perangkat yang akan digunakan untuk melakukan teknik perekaman sinyal suara.

Perangkat utama simulasi ini yaitu:

1. *Microphone*, berfungsi untuk mengubah besaran suara menjadi besaran listrik.
2. *Sound-card* yang berperan sebagai ADC sekaligus DAC.
3. *Processor* untuk mengeksekusi program (*M-files*) dalam Matlab.
4. *Speaker* untuk mengubah besaran listrik menjadi besaran audio.

Bila perangkat-perangkat yang telah dibutuhkan dan terhubung seperti Gambar 33 di atas, maka langkah selanjutnya yaitu membuat program untuk merekam sinyal suara dalam bentuk *M-file* dan program tampilan *window* Matlab untuk menampilkan hasil perekaman suara beserta grafiknya.

3.4 Tahap Perancangan Pemrosesan Sinyal



Gambar 4. Blok diagram pada simulasi Matlab untuk sistem pembicaraan.

Sinyal input yang merupakan sinyal pembicaraan berbentuk sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan melalui ADC (*Analog Digital Converter*). Data digital pembicaraan kemudian dipecahkan atau dipisah menjadi berbentuk *frame*. Proses *framing* ini dilakukan agar data yang berupa deret dengan panjang tak berhingga dapat dianalisis dengan proses *FFT N-point*.

Dalam penelitian ini, akan dibuat sistem menggunakan FFT 16 titik dan 32 titik untuk memperoleh spektrum sinyal. Setelah melalui proses FFT ini akan didapatkan data spektrum berupa vektor bilangan kompleks. Data inilah yang kemudian akan diacak (proses *encoding*) untuk mendapatkan sinyal terenkripsi. Hasil pengacakan kemudian akan dilewatkan pada proses IFFT untuk mendapatkan vektor bilangan *real* untuk ditransmisikan kembali sebagai sinyal pembicaraan yang terenkripsi.

IV. Hasil Pembahasan

Sinyal input yang merupakan sinyal pembicaraan berbentuk sinyal analog diubah menjadi sinyal digital dengan melalui ADC (*Analog Digital Converter*). Data digital pembicaraan kemudian dipecahkan atau dipisah menjadi bentuk *frame* dan prosesnya disebut dengan *framing*. *Framing* adalah proses pemisahan sinyal suara yang berupa deret panjang menjadi sebuah *frame*. Proses *framing* ini dilakukan agar data yang berupa deret dengan panjang tak berhingga dapat dianalisis dengan proses *FFT N-point*. Dalam penelitian ini, akan dibuat sistem menggunakan FFT 16 titik dan 32 titik untuk memperoleh spektrum sinyal. Setiap *frame* akan berisi 16 sampling untuk FFT 16 titik dan 32 *sample* untuk FFT 32 titik. Untuk menentukan jumlah *frame*, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah frame FFT 16 titik} = \frac{\text{jumlah sampling}}{16} = \frac{160000}{16} = 1000 \text{ frame}$$

$$\text{Jumlah frame FFT 32 titik} = \frac{\text{jumlah sampling}}{32} = \frac{160000}{32} = 500 \text{ frame}$$

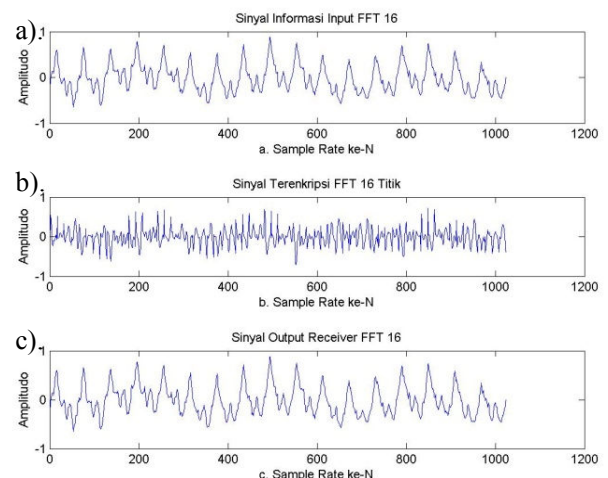
Setelah dilakukan *framing*, sinyal suara ditransformasikan dengan FFT agar sinyal yang masih dalam domain waktu berubah ke domain frekuensi. Pada proses transformasi ini akan dihasilkan data yang berupa *vector* bilangan kompleks. Data inilah yang kemudian masuk ke tahap selanjutnya yaitu proses enkripsi atau pengacakan sinyal. Proses enkripsi dilakukan di setiap *frame*, dengan kata lain, seluruh *frame* akan diberikan perlakuan yang sama setiap *framenya*.

Pengacakan dilakukan dengan pertukaran posisi *array* dari data yang terdapat dalam tiap *frame* baik pada FFT 16 titik maupun FFT 32 titik. Apabila proses pengacakan telah selesai, maka sinyal tersebut ditransformasikan kembali kedalam domain waktu menggunakan IFFT sehingga akan dapat sinyal terenkripsi yang telah ditransformasi.

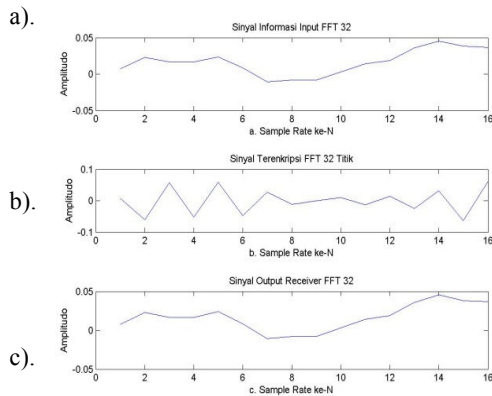
Langkah ini merupakan akhir dari bagian pengirim, sedangkan di bagian penerima sinyal terenkripsi tersebut akan ditransformasikan kembali ke dalam domain frekuensi dengan algoritma FFT. Sinyal ini dipisahkan lagi ke dalam bentuk *frame* yang dilanjutkan proses dekripsi yaitu proses pengembalian sinyal teracak ke dalam bentuk aslinya.

Sinyal terenkripsi dikembalikan lagi ke sinyal aslinya dengan proses dekripsi sehingga sinyal dapat mudah dimengerti kembali. Sebelum sampai ke penerima, sinyal ini harus ditransformasikan ke dalam domain waktu menggunakan IFFT. Sinyal dekripsi yang telah ditransformasi dengan IFFT akan menghasilkan sinyal *recovery* atau sinyal yang telah dipulihkan kembali seperti sinyal aslinya.

Simulasi dilakukan dengan mengambil sinyal suara secara *realtime*. Dari hasil ujicoba untuk menilai apakah proses enkripsi dan dekripsi sudah berjalan dengan baik. setelah proses enkripsi berjalan dengan baik, maka membandingkan waktu proses enkripsi menggunakan FFT 16 titik dengan 32 titik.



Gambar 5. Grafik hasil simulasi dengan pengacakan secara *realtime* FFT 16 titik. Grafik (a), sinyal input (b), sinyal terenkripsi dan (c), sinyal *recovery* yang telah didekripsi.



Gambar 6. Grafik hasil simulasi dengan pengacakan secara *realtime* FFT 16 titik yang diambil pada frame pertama. Grafik (a), sinyal input (b), sinyal terenkripsi dan (c), sinyal *recovery* yang telah didekripsi.

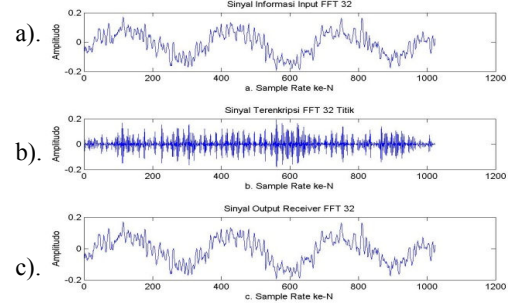
Gambar 5 memperlihatkan sinyal percakapan selama 0,64 detik yang bergerak kontinyu secara *realtime*. Gambar 5(a) merupakan sinyal informasi *input* atau sinyal informasi asli pembicara melalui telepon selular. Sinyal terenkripsi merupakan gambar sinyal yang telah melewati proses enkripsi sehingga didapatkan sinyal teracak dan tidak sesuai dengan sinyal masukan seperti terlihat pada Gambar 5(b). Sinyal yang telah terenkripsi ini yang akan di kirimkan ke penerima.

Dengan sinyal acak ini, maka orang lain yang mengambil informasi pada saat proses pengiriman tidak akan mendapatkan informasi yang sebenarnya maka yang didapatkan hanya sinyal yang telah di acak sehingga informasi ini akan tetap aman sampai ditujuan. Sinyal yang telah terenkripsi akan diterima di penerima sebagai sinyal masukan. Gambar 5(c) menunjukkan hasil dari proses dekripsi, yaitu proses pemulihan sinyal teracak sehingga penerima dapat mengetahui informasi yang dikirimkan oleh pengirim dan tidak ada data yang hilang. Proses dekripsi di penerima menggunakan metode yang sama pada saat proses enkripsi agar didapatkan sinyal yang sama dengan sebelum proses enkripsi.

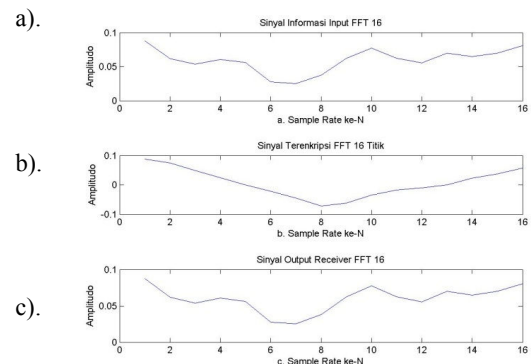
Gambar 6 memperlihatkan hasil dari pemngambilan sinyal pada frame pertama pada sinyal pada Gambar 5. Dapat terlihat jelas bahwa Gambar 6 (a) sama dengan Gambar 6 (c). Hal ini membuktikan bahwa sinyal *input* yang terenkripsi telah berhasil dikembalikan ke dalam sinyal aslinya sehingga penerima dapat mengerti informasi yang dikirimkan. Sedangkan Gambar 6 (b) merupakan sinyal teracak atau sinyal terenkripsi.

Hasil selanjutnya adalah hasil dari FFT 32 titik dengan proses *realtime* yang diambil dalam percakapan utuh diperlihatkan pada Gambar 5

sedangkan Gambar 6 menunjukkan grafik pada *frame* pertama. Jika dibandingkan antara sinyal enkripsi dengan FFT 16 titik dan 32 titik sinyal suara *realtime*, gambar sinyal enkripsi dengan FFT 32 titik terlihat lebih rumit daripada FFT 16 titik. Hal ini dikarenakan pada FFT 32 titik memiliki lebih banyak *sample* yang harus diacak sehingga sinyal tersebut lebih teracak dan akan susah dipecahkan enkripsi nya daripada pada pengacakan 16 titik yang akan ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 7. Grafik hasil simulasi dengan pengacakan secara *realtime* FFT 32 titik. Grafik (a), sinyal input (b), sinyal terenkripsi dan (c), sinyal *recovery* yang telah didekripsi.



Gambar 8. Grafik hasil simulasi dengan pengacakan secara *realtime* FFT 32 titik yang diambil pada frame pertama. Grafik (a), sinyal input (b), sinyal terenkripsi dan (c), sinyal *recovery* yang telah didekripsi.

Proses simulasi ini juga menghitung waktu proses pada kedua sistem yaitu FFT 16 titik dan FFT 32 Titik. Perintah yang digunakan pada program matlab ini adalah *cputime* untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi. Jadi perhitungan dilakukan dari awal program mengolah sinyal, sampai sinyal diterima di penerima. Berikut ini tabel yang menunjukkan waktu yang berlangsung selama simulasi hingga selesai.

Tabel 5. Waktu Proses Sistem

Waktu Pemrosesan Sinyal		
No.	Realtime	
	16 titik	32 titik
1	0.1872	2.7144
2	0.1872	2.7144
3	0.1872	2.6832
4	0.1716	2.6988
5	0.1872	2.7144
6	0.1872	2.6988
7	0.2028	2.7144
8	0.1716	2.6988
9	0.1872	2.7144
10	0.1872	2.73
Rata-rata	0.18564	2.70816

Dapat dilihat pada tabel di atas, proses simulasi realtime dengan FFT 16 titik dan 32 titik memiliki waktu proses yang berbeda. Untuk sistem yang menggunakan FFT 16 titik membutuhkan waktu rata-rata 0,18564 detik sedangkan pada FFT 32 titik membutuhkan waktu rata-rata 2,70816 detik dengan selisih waktu 2.55252 detik.

$$\text{Selisih Waktu} = 2.70816 - 0.18564 = 2.55252 \text{ detik}$$

Waktu tersebut merupakan pengukuran mulai dari proses *framing* hingga proses selesai pada masing-masing FFT 16 titik dan FFT 32 titik. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa sistem yang menggunakan FFT 32 titik memiliki waktu operasi yang lebih lama dibandingkan dengan sistem yang menggunakan FFT 16 titik. Hal ini dikarenakan, pada FFT 32 titik lebih banyak *sample* dalam 1 *frame* yang akan diolah sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama.

Waktu pemrosesan simulasi juga dipengaruhi oleh perangkat komputer yang digunakan, semakin baik spesifikasi suatu perangkat komputer, maka akan semakin cepat memproses simulasinya.

V. Simpulan

Berdasarkan simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem pembicaraan aman yang dirancang dapat melakukan proses enkripsi dan dekripsi dengan baik.
2. Sistem pembicaraan aman dengan menggunakan FFT 32 titik memiliki waktu proses yang lebih lama dibandingkan dengan sistem pembicaraan aman dengan FFT 16 titik. Untuk simulasi dengan memanggil sinyal rekaman FFT 16 titik membutuhkan waktu

rata-rata 0,18564 detik sedangkan pada FFT 32 titik yaitu 2.70816 detik.

3. Selisih waktu antara waktu proses simulasi *realtime* pada FFT 16 titik dengan FFT 32 titik adalah 2.55252 detik.

Daftar Pustaka

- [1] Estrada, Richie. 2008. *Pengolahan Sinyal Suara Menggunakan Matlab*. Teknokrida.
- [2] Santoso, Tri B.,Huda,Miftahul. Modul *Proses Perekaman Dan Pengeditan Sinyal Wicara*.
- [3] Permana, Silvi Dewi. 2010. *Pengembangan Algoritma Enkripsi untuk Sistem Komunikasi Pembicaraan Aman Berbasis FFT*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. UNILA. Bandarlampung.
- [4] Lukman, Arif., Gojali, Elli A. 2004. *Simulasi Algoritma Dasar Pengacakan Data Audio Menggunakan Matlab*. Jurnal Teknologi Informasi, Vol.5,No. 1, pp. 5-7.
- [5] Solekan.2009. *Sistem Telekomunikasi*.
- [6] Fitriawan, Helmy. 2004. *Diktat Kuliah Sinyal dan Sistem*. UNILA.
- [7] Abdulmail.2010. *Sinyal Analog dan Sinyal Digital*.22 September 2010.
- [8] Susilawati, Indah. 2009. *Modulasi Pulsa*. 22 September 2010.
- [9] Stallings, William. 2000. *Data & Computer Communication*. Prentice-Hall, Inc.
- [10] Widiarsono, Teguh. 2005. *Tutorial Praktis Belajar Matlab*.Jakarta.